

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Produksi Sinar-X

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang 0,1-100 Å dengan panjang gelombang yang pendek ini mengakibatkan sinar-X mampu menembus materi yang dilaluinya (Curry et al, 1984). Sinar-X dapat diproduksi dengan jalan menembaki target logam dengan elektron cepat dalam tabung vakum sinar katoda. Elektron proyektif dihasilkan dari pemanasan filamen yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang dipakai untuk mempercepat gerak elektron itu adalah 10^3 - 10^6 Volt (Akhadi, 2000). Produksi sinar-X yang demikian disebut sinar-X *Bremsstrahlung*. Produksi sinar-X yang lain dapat terjadi akibat eksitasi elektron pada kulit atom. Produksi sinar-X akibat eksitasi elektron dari orbitnya ini dinamakan sinar-X Karakteristik yang biasanya terjadi pada tegangan di atas 70 kV.

2.1.1 Proses Sinar-X *Bremsstrahlung*

Sumber radiasi sinar-X terjadi dalam tabung hampa udara yang berisi filamen sebagai katoda dan sasaran atau target sebagai anoda. Filamen yang dipanasi oleh arus listrik rendah menjadi sumber elektron. Elektron-elektron ini akan ditarik ke arah anoda oleh perbedaan potensial antara katoda dan anoda. Makin besar beda potensial yang terjadi makin cepat elektron-elektron itu menuju

sasaran (anoda). Karena elektron itu menambrak sasaran akibatnya terjadi proses perlambatan, sehingga timbul radiasi sinar-X yang berspektrum kontinu, proses ini disebut *Bremsstrahlung* (Wiryosimin, 1995).

2.1.2 Proses Sinar-X Karakteristik

Sinar-X dapat juga terjadi melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X yang terjadi melalui proses ini mempunyai energi sama dengan selisih energi antara kedua tingkat energi elektron tersebut. Energi sinar-X karakteristik tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$h\nu = E_K - E_L, \quad (2.1)$$

dengan $h\nu$ adalah energi foton sinar-X karakteristik, E_K adalah energi ikat elektron pada kulit K dan E_L adalah energi ikat elektron pada kulit L, karena setiap jenis atom memiliki tingkat-tingkat energi elektron yang berbeda-beda, maka sinar-X yang terbentuk disebut sinar-X karakteristik. Spektrum yang dihasilkan sinar-X karakteristik ini merupakan spektrum garis (Wiryosimin, 1995).

2.2 Produksi Radiasi Hambur

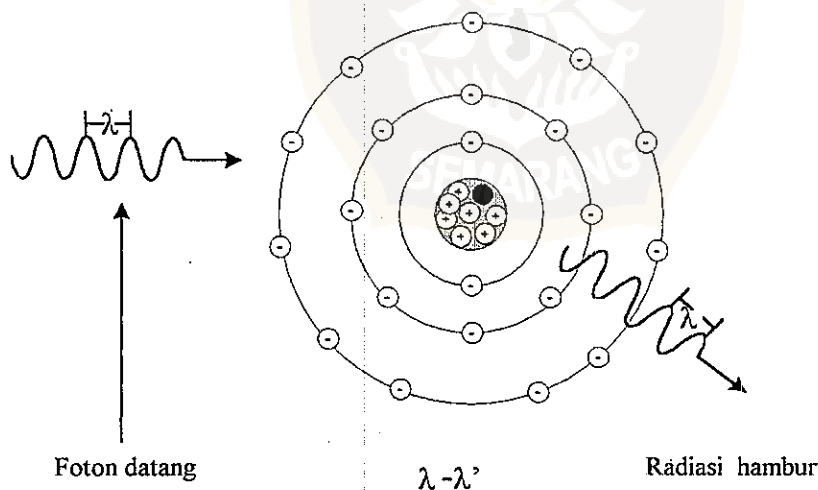
Tidak semua foton yang dipancarkan oleh tabung sinar-X diserap oleh pasien, tetapi banyak foton yang dihamburkan ke segala arah. Foton radiasi yang dihamburkan mengalami pengurangan energi dan daya tembus.

Radiasi hambur yang bergerak ke segala arah tersebut ada yang sampai ke film dengan arah yang sama atau berlainan dengan radiasi primer (Meredith and Massey, 1977).

Di bidang radiodiagnostik bila berkas sinar-X berinteraksi dengan bahan yang dilaluinya maka terjadi beberapa peristiwa yang menghasilkan radiasi hambur di antaranya adalah Hamburan Thompson dan Hamburan Compton.

2.2.1 Hamburan Klasik atau Thompson

Peristiwa ini terjadi ketika foton berenergi rendah ($< 10 \text{ keV}$) berinteraksi dengan bahan sehingga atom tereksitasi. Atom secara dini melepaskan energinya dalam bentuk hamburan foton dengan panjang gelombang yang sama dengan panjang gelombang foton yang datang dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2.1 Hamburan Thompson (Bushong, 1988)

Dalam hamburan Thompson besarnya energi tidak mengalami perubahan, tidak ada energi yang dipindahkan sehingga tidak terjadi ionisasi. Dalam bidang radiodiagnostik kontribusi hamburan Thompson bagi radiograf banyak menimbulkan kabut dasar (*fog level*).

2.2.2 Hamburan Compton

Hamburan Compton dapat terjadi dengan semua sinar-X yang digunakan di diagnostik, oleh karena itu hal ini sangat penting dalam radiologi. Selain mengakibatkan kabut film pada radiograf, Hamburan Compton juga menimbulkan efek radiasi yang cukup serius di dalam radiologi khususnya dalam penggunaan *fluoroskopi* (Bushong, 1988)

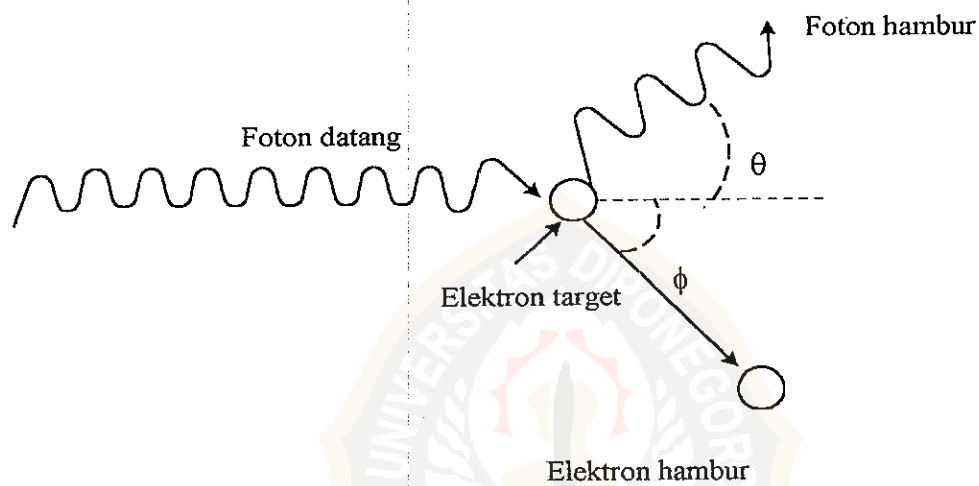
Efek Compton terjadi apabila foton sinar-X menumbuk elektron yang semula dalam keadaan diam dan kemudian mengalami hamburan dari arah semula, sedangkan elektronnya menerima impuls dan mulai bergerak. Sebagian energi radiasi diberikan kepada elektron, sehingga keluar dari atom. Sementara itu sisa energinya dilepaskan kembali dalam bentuk radiasi elektromagnetik (Akhadi, 2000)

Dalam tumbukan ini foton dapat dipandang sebagai partikel yang kehilangan sejumlah energi yang besarnya sama dengan energi kinetik yang diterima oleh elektron. Jika foton semula mempunyai frekuensi ν , maka foton hambur mempunyai frekuensi yang lebih

rendah λ , sehingga kehilangan energi foton sama dengan energi yang diterima elektron.

$$h\lambda' = h\lambda - E_K, \quad (2.2)$$

dengan h adalah konstanta Plank ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s). arah hamburan elektron membentuk sudut θ terhadap arah foton datang (Beiser, 1990), seperti yang dilukiskan dalam gambar berikut :



Gambar 2.2 Efek Compton (Beiser, 1990)

Banyaknya jumlah radiasi hambur yang dihasilkan dipengaruhi oleh (Meredith and Massey, 1977) :

1. Volume Jaringan yang disinari

Semakin besar volume jaringan yang disinari, semakin bertambah radiasi hambur yang dihasilkan.

2. Energi Foton Sinar-X

Semakin tinggi energi foton sinar-X, jumlah radiasi yang dihamburkan akan semakin besar, hal ini disebabkan karena tidak

semua radiasi foton diteruskan atau diserap oleh jaringan objek tetapi ada sebagian yang dihamburkan ke segala arah dengan energi dan daya tembus yang semakin berkurang.

3. Ukuran Berkas Sinar-X

Semakin luas ukuran berkas sinar-X yang dipergunakan semakin besar jumlah radiasi foton yang dihamburkan.

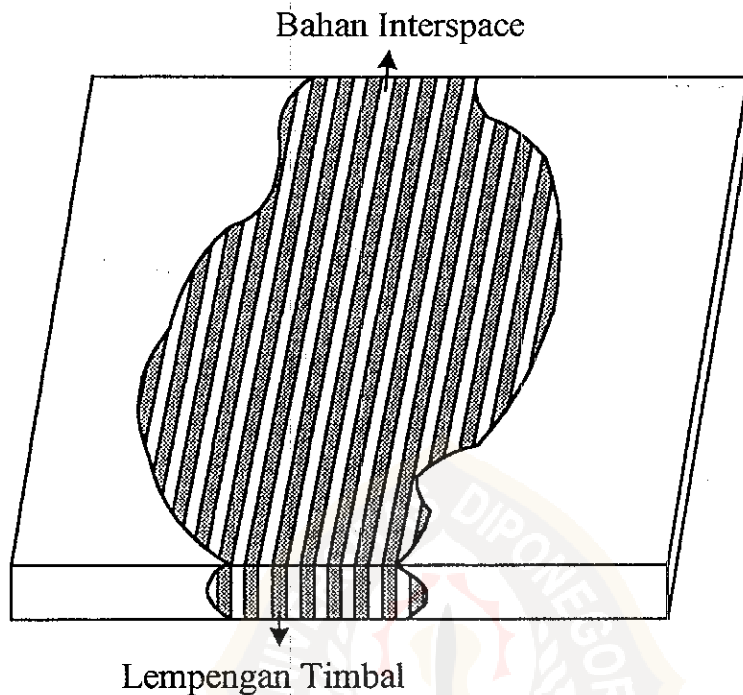
2.3 Grid

Radiasi yang mengenai film terdiri atas radiasi primer dan radiasi hambur. Radiasi primer yang bergerak dari tabung sinar-X dan melalui pasien arahnya tidak berubah, sedangkan radiasi hambur bergerak ke segala arah dan mengenai film secara tidak merata dan tidak berpola. Hal ini akan menyebabkan menurunnya kontras radiograf. Untuk mengurangi radiasi hambur yang sampai ke film salah satu cara yaitu digunakan grid. *Grid* adalah suatu alat bantu dalam pemotretan radiograf yang berfungsi mengurangi radiasi hambur agar tidak sampai ke film sehingga dapat meningkatkan kontras radiograf (Meredith and Massey, 1977).

Untuk melihat keefektifan dari *grid* dalam menjalankan fungsinya perlu diketahui suatu batasan atau parameternya, yaitu dengan selektifitas *grid*. Selektifitas *grid* adalah perbandingan dari radiasi primer yang dapat diteruskan dengan radiasi hambur yang ditransmisikan oleh *grid*. Biasanya digunakan simbol sigma (Σ), (Busong, 1982).

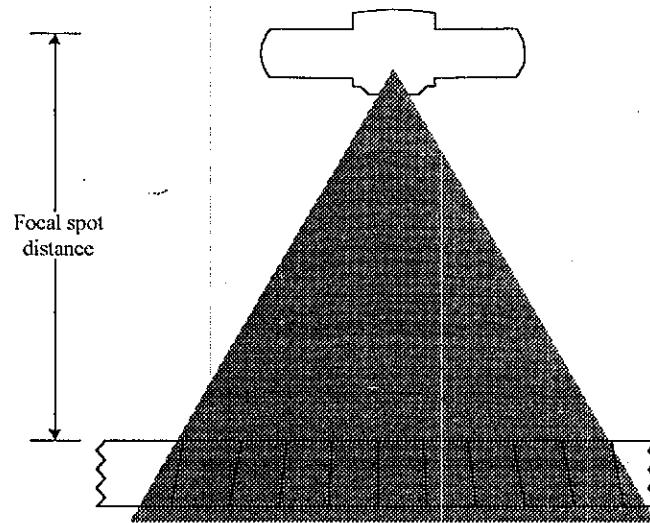
$$\Sigma = \frac{\text{Radiasi primer yang diteruskan grid}}{\text{Radiasi hambur yang diteruskan grid}}$$

Semakin tinggi nilai selektifitasnya maka grid tersebut semakin efektif fungsinya, dan grid tersebut dapat menyerap radiasi hambur lebih banyak.



Gambar 2.3 Penampang melintang *grid* (Meredith, 1977)

Grid terbuat dari lapisan-lapisan timbal tipis yang disusun sejajar dan tegak di antara keduanya diselingi oleh bahan yang tembus sinar-X seperti alumunium atau ke film yang arahnya sama dengan garis lempengan. *Grid* diletakkan di antara pasien dan film.



Gambar 2.4 Penampang grid fokus (Bushong, 1988)

Sinar-X yang berjalan menyudut diserap oleh lempengan timbal. Semua foton sinar-X yang keluar dari pasien dan mencapai bahan grid akan diserap dan tidak mengenai film. Foton primer ditransmisikan melalui bahan penyela menuju film.

2.4 Faktor Eksposi

Faktor eksposi merupakan bagian dari teknik radiografi. Faktor ini menentukan karakteristik radiasi dalam menembus bahan dan membentuk pola bayangan. Jadi faktor eksposi memegang peranan penting dalam pembentukan radiograf yang berkualitas.

Faktor eksposi terdiri dari tegangan (kV), arus tabung (*miliampere*), waktu eksposi (*second*) dan jarak eksposi (SID dalam cm) (Bushong, 1988).

2.4.1 Tegangan

Tegangan merupakan beda potensial antara katoda dan anoda di dalam tabung yang diperlukan untuk menarik elektron dengan kuat sehingga timbul sinar-X. akibat tumbuhkan yang kuat antara elektron berkecepatan tinggi dengan bahan target yang tertanam pada anoda, selain terjadi sinar-X juga terjadi panas (HU, *heat unit*).

Tegangan (kV) berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas sinar-X (Chesneys, 1989).

1. Kualitas Sinar-X

Kualitas sinar-X sangat dipengaruhi oleh tegangan yang digunakan makin tinggi tegangan makin berkualitas sinar-X.

Adapun dalam teknik radiografi, kualitas sinar-X berpengaruh terhadap (Chesneys, 1989)

- a. Kemampuan berkas sinar-X dalam menembus bahan.

Penambahan tegangan berarti penambahan daya tembus.

- b. Dosis radiasi yang diterima pasien.

Secara umum dapat dikatakan bahwa dosis radiasi yang diterima struktur tubuh terdekat dengan sumber, dapat dieliminasi dengan menaikkan nilai tegangan.

- c. Kontras radiograf.

Tegangan puncak sangat berpengaruh terhadap perbedaan penyerapan sinar-X dan kontras subyek. Pengurangan tegangan menyebabkan kontras radiograf meningkat.

d. Skala kontras radiograf (Bushong, 1989).

Skala kontras sebanding dengan nilai tegangan dan berpengaruh terhadap detail radiograf.

2. Intensitas Sinar-X

Intensitas sinar-X dinyatakan dalam aliran energi radiasi per unit area. Penambahan tegangan akan menambah jumlah pancaran radiasi dari target atau meningkatkan intensitas radiasi yang dipancarkan.

Dalam fisika diketahui bahwa intensitas sinar-X sebanding dengan kuadrat tegangannya (Chesneys, 1989).

$$I \propto (kV)^2 \quad (2.3)$$

2.4.2 Arus Tabung dan Waktu Eksposi

Arus tabung (mA) dan waktu eksposi (s) dalam penggunaannya merupakan kombinasi mAs. Arus tabung menyatakan jumlah elektron yang dipancarkan, sedangkan waktu eksposi menyatakan lamanya berkas sinar-X dipancarkan. Jadi dapat disimpulkan bahwa mA dan s sangat berpengaruh terhadap jumlah berkas sinar-X yang dihasilkan selama eksposi. Sinar-X yang dihasilkan serta energi yang diberikan pada gambaran tergantung pada mAs, contoh jika mAs diduakalikan maka sistem film *screen* akan menerima energi dua kali dari semula. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa eksposi yang mengenai film sebanding dengan besarnya mAs yang diberikan.

2.4.3 Jarak Eksposi (FFD)

Jarak sumber sinar (tabung) ke film memberikan pengaruh pada intensitas sinar-X dan paparan radiasi yang mencapai permukaan kulit.

2.5 Kualitas Radiograf

Kualitas radiograf merupakan kemampuan radiograf dalam memberikan informasi yang jelas mengenai objek yang diperiksa (Curry et al, 1984), sedangkan aspek-aspek dalam kualitas radiograf adalah :

2.5.1 Densitas

Densitas radiografi adalah derajat kehitaman pada suatu daerah gambaran radiografi. Atau dapat pula dikatakan sebagai banyaknya cahaya yang diserap oleh daerah tertentu. Derajat kehitaman ini terjadi akibat adanya interaksi antara sinar-X dengan emulsi film setelah diproses secara kimia.

Densitas film adalah salah satu faktor yang memungkinkan gambaran obyek yang mendapat penyinaran sinar-X pada film radiografi dapat dilihat oleh mata. Adanya perbedaan densitas ini membuat kita dapat membedakan struktur-struktur objek yang akan diamati.

Derajat kehitaman pada suatu gambaran radiografi dapat diukur dengan suatu alat yang disebut densitometer yang akan menghasilkan nilai kehitaman tertentu. Selain itu, nilai densitas dapat

pula dihitung dari hasil perbandingan intensitas sinar mula-mula (sinar datang) dengan intensitas sinar setelah melewati bahan atau objek. Nilai yang didapat merupakan logaritma dari perbandingan tersebut.

Secara matematis perbandingan tersebut dapat dituliskan dalam persamaan :

$$D = \log \frac{I_0}{I_t}, \quad (2.4)$$

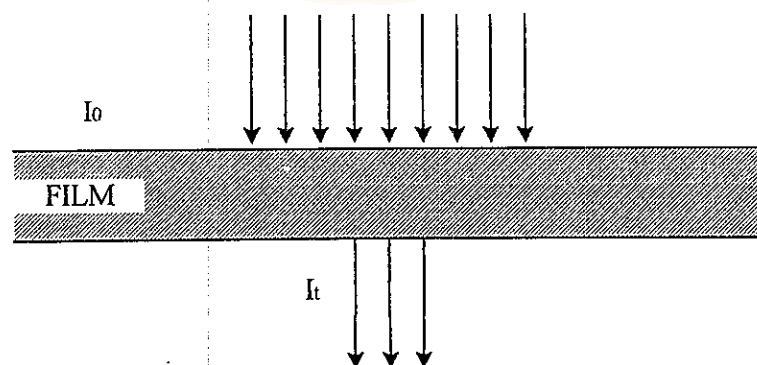
dengan

D = densitas

I_0 = intensitas sinar mula-mula

I_t = intensitas sinar setelah melewati bahan

Densitas radiografi dapat dikontrol dengan dua faktor utama yaitu intensitas total (mAs) dan jarak sumber sinar dengan film (FFD). Penambahan intensitas akan meningkatkan densitas, demikian pula dengan pengurangan jarak antara sumber sinar dengan film akan menyebabkan densitas akan bertambah. Rentang densitas guna dalam radiografi sekitar 0,25 – 2,0 (Meredith and Massey, 1977).



Gambar 2.5 Paparan radiasi, dengan I_0 = Intensitas radiasi, I_t = Intensitas radiasi yang diteruskan film (Curry et al, 1984)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi densitas suatu gambaran radiografi. Secara umum faktor-faktor tersebut dikelompokkan ke dalam dua faktor utama, yaitu faktor pengontrol (*controlling factor*) dan faktor-faktor yang mempengaruhi (*influencing factor*).

1. Faktor pengontrol

Faktor ini merupakan pengontrol densitas. Faktor pengontrol harus digunakan sebagai prinsip untuk menyelesaikan densitas yang diinginkan.

Yang termasuk faktor pengontrol ini adalah mAs (*milli ampere second*). Satuan mAs ini merupakan gabungan menyatakan besarnya arus yang mengalir selama eksposi berlangsung. Sedangkan s menyatakan lama atau rentang waktu terjadinya eksposi, mAs menyatakan jumlah atau kuantitas sinar-X yang dihasilkan. Kenaikan mAs dalam suatu pemotretan akan mengakibatkan kenaikan densitas.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi

Adapun faktor-faktor yang termasuk ke dalam golongan ini adalah :

a. Tegangan (kV)

Tegangan yang diberikan pada tabung sinar-X akan mempercepat laju elektron ketika menumbuk bahan target

sehingga akan menentukan kualitas atau kekuatan dari sinar-X yang dihasilkan.

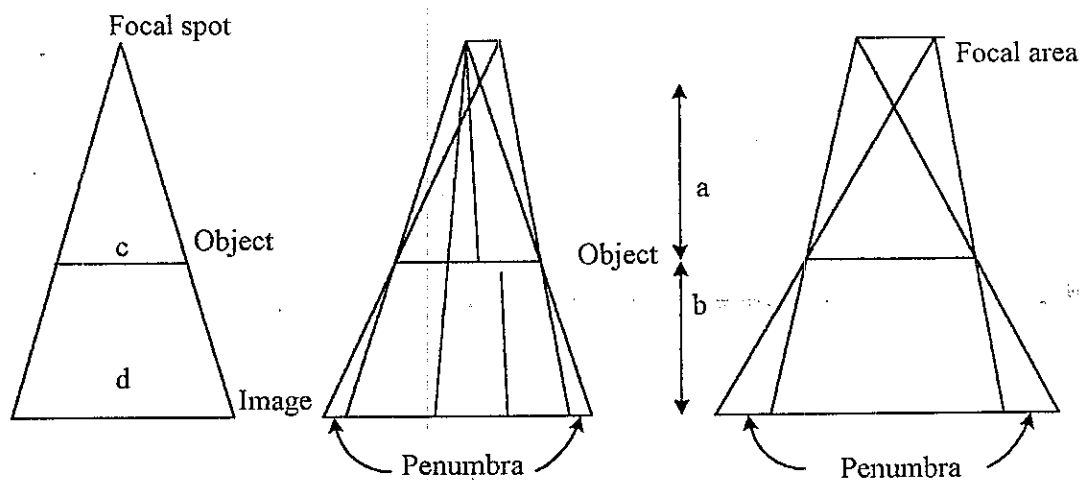
Tegangan akan mengontrol energi rata-rata foton sinar-X yang dihasilkan pada target. Perubahan tegangan akan mengubah intensitas dari berkas sinar ketika mAs dan faktor lain tetap sama.

Di samping itu tegangan juga mengontrol radiasi hambur. Radiasi hambur akan bertambah dengan penggunaan tegangan yang semakin bertambah (di atas 70 kV). Hal lain yang mempengaruhi kerja tegangan terhadap perubahan densitas adalah perbedaan generator. Generator satu fase akan menghasilkan densitas yang lebih kecil dibandingkan generator tiga fase.

b. Ukuran titik fokus (*focal spot*)

Ukuran titik fokus yang semakin besar memungkinkan lebih banyak elektron yang menumbuk target dibandingkan dengan fokus kecil.

Dalam prakteknya fokus kecil digunakan untuk pemotretan dengan mA kecil (di bawah 100 mA) dan menghasilkan detail yang lebih baik. Sedangkan fokus besar digunakan untuk pemotretan dengan mA besar (di atas 100 mA). Fokus besar akan memberikan densitas yang lebih baik namun dapat menghasilkan penumbra yang lebih besar.



Gambar 2.6 Pengaruh ukuran fokus terhadap ketajaman gambaran

c. Pengaruh kemiringan sudut anoda (*anoda heel effect*).

Kemiringan sudut anoda akan mengubah intensitas radiasi. Dengan demikian akan merubah densitas antara ujung anoda dan katoda. Densitas gambaran akan selalu lebih besar pada ujung katoda.

Dalam prakteknya efek ini dipakai untuk pemotretan objek dengan ketebalan yang berbeda antara ujung yang satu dengan ujung yang lainnya. Untuk mendapatkan densitas gambaran yang relatif sama, maka bagian objek yang lebih tebal diletakkan pada ujung katoda.

d. Jarak

Jarak yang dimaksud disini adalah jarak dari fokus ke film (SID atau FFD) atau *Source to Image Distance* atau Focus

Film Distance) dan jarak dari objek ke film (*OID atau OFD atau objek to Image Distance atau Object Film Distance*).

SID atau FFD mengubah berkas sinar yang menuju film sesuai dengan hukum kuadrat terbalik. Hukum ini mempengaruhi densitas dalam hubungan yang berbalik dengan kuadrat jarak dan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{D_2^2}{D_1^2}, \quad (2.5)$$

dengan :

- I_1 = densitas mula-mula
- I_2 = densitas baru
- D_1^2 = kuadrat jarak mula-mula
- D_2^2 = kuadrat jarak baru

Hukum kuadrat terbalik ini menyatakan perubahan intensitas. Apabila jarak bertambah maka intensitas dan densitas berkurang.

OID atau OFD juga mempengaruhi densitas. Dengan teknik air gap yang menggunakan OID atau OFD yang bertambah, maka radiasi hambur yang mencapai film akan berkurang. Radiasi hambur ini akan mengakibatkan penurunan densitas.

e. Filtrasi

Filtrasi mempunyai kemampuan untuk mengubah intensitas sehingga berpengaruh terhadap densitas. Semua jenis filtrasi,

baik filter tetap (*inherent filter*), filter tambahan (*additional filter*), dan filter total (*total filter*) akan mengubah densitas.

Densitas akan berkurang apabila filter ditambah.

f. Pembatasan Luas Lapangan

Dengan membatasi luas lapangan atau mengurangi lapangan berkas sinar primer akan mengurangi jumlah foton. Hal ini juga akan mengurangi jumlah radiasi hambur dan densitas.

Penggunaan luas lapangan yang semakin besar akan mengurangi densitas. Sedangkan luas lapangan yang kecil akan memberikan densitas yang lebih besar.

g. Obyek

Obyek merupakan attenuator berkas sinar yang utama. Sehingga bagian objek yang diperiksa mempengaruhi densitas gambaran. Sejumlah atenuasi tergantung pada ketebalan dan jenis jaringan yang diperiksa. Jenis jaringan dipengaruhi oleh jumlah atom rata-rata dan densitas jaringan.

Apabila ketebalan jaringan, jumlah atom rata-rata dan densitas jaringan bertambah, maka densitas radiografi akan berkurang.

Penggunaan kontras media akan menambah jumlah atom rata-rata jaringan dan dapat mempengaruhi densitas. Kontras media yang bersifat radiolusen, seperti udara, akan meningkatkan densitas. Sementara kontras media radioopak, seperti barium dan yodium, akan mengurangi densitas.

h. *Grid*

Grid dipakai pada pemotretan organ yang menghasilkan radiasi hambur tinggi. Radiasi hambur akan dapat menurunkan densitas. Semakin tinggi kemampuan *grid* untuk menyerap radiasi hambur, maka densitasnya akan berkurang.

i. Kombinasi film dan *screen*

Sifat dari film dan *screen* yang berpengaruh terhadap densitas gambaran adalah kecepatan film dan *screen*.

Film dan *screen* dengan kecepatan tinggi akan menghasilkan densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan film dan *screen* dengan kecepatan rendah.

j. Pengolahan film

Pengolahan film merupakan salah satu faktor yang turut mempengaruhi densitas. Terbentuknya densitas ini terutama terjadi pada tahap pembangkitan.

Densitas gambaran radiografi akan bertambah apabila temperatur cairan pembangkit, waktu pembangkitan dan laju penambahan cairan bertambah. Sebaliknya densitas akan berkurang apabila faktor-faktor di atas berkurang. Demikian pula apabila terjadi kontaminasi akan mengurangi densitas karena akan mengurangi kekuatan cairan.

2.5.2 Kontras

Kontras adalah perbedaan densitas antara dua titik yang dirumuskan.

$$C = D_2 - D_1, \quad (2.6)$$

dengan :

C = adalah kontras radiografi,

D_2 = adalah densitas di daerah 2.

D_1 = adalah densitas di daerah 1.

Fungsi dari kontras dalam radiograf adalah untuk membuat detail anatomi menjadi lebih jelas. Oleh karena itu kontras adalah faktor yang sangat penting dalam mengevaluasi kualitas radiograf (Bushong, 1984). Secara garis besar kontras dibedakan menjadi dua bagian :

1. Kontras Obyektif

Kontras obyektif adalah kontras senyatanya yang dapat diukur dengan alat densitometer dalam bentuk angka, yang termasuk dalam kontras obyektif ini adalah kontras radiasi, kontras film dan kontras radiografi. Kontras radiasi merupakan perbedaan dua daerah pada obyek yang menunjukkan perbandingan intensitas foton sinar-X yang diteruskan. Kontras film dapat diketahui dari kemampuan respon foton terhadap perbedaan intensitas yang dihasilkan oleh kontras radiasi. Kontras film sebanding dengan gradien rata-rata pada kurva karakteristik. Kontras radiografi adalah perbedaan kehitaman dari dua daerah yang berbeda.

Kontras radiografi tergantung pada kontras radiasi dan kontras film (Chesney and Chesney, 1981).

2. Kontras Subyektif

Kontras subyektif adalah kontras yang dipengaruhi oleh kondisi penglihatan, dimana pada masing-masing individu akan berbeda pula bila kondisi penglihatanya berbeda. Kontras subyektif tidak dapat dinilai dalam bentuk angka.

2.5.3 Detail

Detail radiograf menggambarkan ketajaman dari struktur-struktur kecil pada radiograf. Dengan detail yang cukup, bagian yang kecil dari anatomi akan tampak jelas (Bushong, 1988). Hubungan detail radiograf dan kontras adalah detail tergantung pada tingkat ketajaman detil dan kontras, artinya apabila detil tidak tajam dengan menaikkan kontras maka detail radiograf dapat ditingkatkan begitu juga sebaliknya.

2.5.4 Ketajaman

Ketajaman radiograf artinya adalah tebal batas peralihan antara dua bagian yang berbeda kehitamannya. Radiograf disebut tajam bila keadaan pada radiograf dapat dilihat garis batas antara bagian-bagian yang membentuk radiograf tersebut. Hubungan antara ketajaman dan kontras, yaitu walaupun kontras rendah jika didukung dengan ketajaman tinggi maka kontras juga akan tampak tinggi, demikian juga sebaliknya (Carrol, 1985).

2.6 Pemeriksaan Radiografi Toraks

Pemeriksaan radiografi toraks yaitu pemeriksaan rongga toraks dengan menggunakan radiasi pengion (sinar-X), yang bertujuan untuk mendapatkan informasi yang tepat tentang rongga toraks dan isinya dalam membantu menegakkan diagnosa.

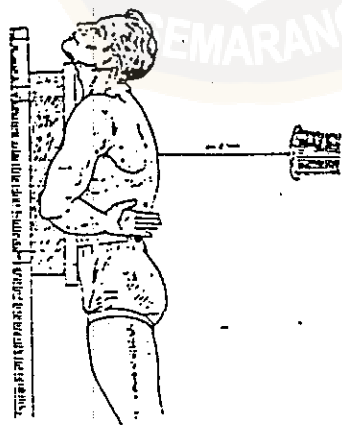
2.6.1 Teknik Pemeriksaan

Tujuan pemeriksaan radiografi toraks yaitu mendapatkan informasi yang akurat mengenai rongga toraks dan isinya guna mendukung diagnosa, dengan menggunakan radiasi yang sekecil mungkin.

Pada umumnya pemeriksaan tersebut menggunakan *proyeksi postero-anterior* sebagai pemeriksaan *toraks survey*.

a. Posisi Pasien .

Berdiri tegak membelakangi arah sinar, kedua lengan *endorotasi* dengan menempatkan punggung tangan di atas *krista iliaka*.



Gambar 2.7 Posisi pasien postero-anterior (KC. Clark, 1974)

b. Posisi Obyek

Dada *true posterior anterior* (PA) menempel kaset, dagu diletakkan dilekuk standard kaset, bidang medial segital tubuh pada garis tengah memanjang kaset, *akromion* ditempatkan 5-7 cm dari tepi atas kaset dan kedua siku didorong ke depan tanpa mengangkat kedua bahu.

c. Eksposi

Arah sumbu sinar pusat (*central ray*) horisontal tegak lurus kaset, titik bidik (*central point*) di antara *torakal* keempat dan kelima, jarak eksposi 150 cm dan eksposi dilakukan saat penderita diam, inspirasi penuh.

2.6.2 Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi pada suatu pemeriksaan dimaksudkan agar pasien, petugas maupun lingkungan sekitarnya terhindar dari radiasi yang tidak berguna.

a. Teknik proteksi untuk pasien (BATAN, 1985).

Pada pemeriksaan radiologik toraks dilakukan dengan cara membuat lapangan penyinaran seefektif mungkin penentuan faktor ekposi yang tepat dan menghindari pengulangan ekposi.

b. Teknik proteksi untuk masyarakat (BATAN, 1985).

Ditujukan bagi masyarakat umum, petugas yang tidak berkepentingan dan pasien lain yang tidak dalam pemeriksaan dengan sinar-X.

Tekniknya dengan menjamin dinding, langit-langit, pintu dapat menahan radiasi hambur di samping tidak mengarahkan berkas eksposi ke arah pintu atau ruang tunggu.

c. Teknik proteksi untuk petugas (BATAN, 1985).

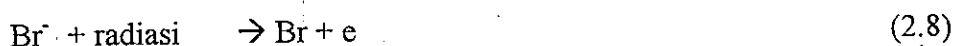
Dalam menjalankan tugasnya, saat eksposi berdiri di belakang penahan radiasi, hindari memegang pasien atau kaset saat eksposi di samping terjaminnya alat proteksi yang ada dan ruangan yang digunakan.

2.7 Proses Pembentukan Radiograf

Ada dua tahapan dalam pembentukan radiograf, yaitu tahapan pembentukan bayangan laten, di ruang pemeriksaan dan tahapan pembentukan bayangan nyata di kamar gelap.

1. Tahap Pembentukan Bayangan Laten

Bila film diberi penyinaran maka energi foton akan membebaskan elektron Brom yang terdapat dalam kristal AgBr (perak bromida) emulasi film. Elektron yang dibebaskan akan bergerak menuju bintik kepekaan yang terdapat pada kristal, sehingga bintik kepekaan tersebut bermuatan negatif dan menarik ion perak positif. Muatan netral tersebut merupakan formasi bayangan laten.



2. Tahap Pembentukan Bayangan Nyata

Dilakukan di kamar gelap secara kimiawi dan bertahap. Tahap pertama film yang telah terekspos dimasukkan dalam cairan pembangkit yang berfungsi memberi elektron kepada ion perak dari kristal perak bromida yang terekspose. Hal tersebut terjadi berulang kali hingga seluruh ion perak berubah menjadi atom perak yang kasat mata. Tahap kedua film dimasukkan air untuk mengurangi aktifitas pembangkitan dan memperkecil jumlah aliran pembangkit yang terbawa film masuk dalam cairan penetap pada tahap berikutnya. Tahap ketiga film dimasukkan dalam cairan penetap yang berfungsi menghentikan aksi pembangkitan dan menyamak emulsi yang tidak terekspos hingga jernih dan tidak akan terjadi perubahan pada radiograf.

Tahap keempat atau terakhir yaitu pembilasan. Dilakukan pada air yang mengalir untuk membersihkan film dari sisa-sisa cairan dan kotoran lain yang kemungkinan melekat untuk kemudian dikeringkan.

2.8 Batasan Pemeriksaan Radiografi Toraks Tegangan Tinggi

Beberapa literatur memberikan batasan tegangan tinggi pada pemeriksaan radiologi toraks, di antaranya memberi batasan antara 100 kV – 150 kV (Clark, 1974). Dalam pelaksanaannya menggunakan *grid* atau *bucky*.

Tingginya nilai tegangan yang digunakan diimbangi dengan penurunan nilai mAs yang digunakan sehingga hasil pemeriksaan (*radiograf*) akan optimum.

Dalam karya tulis ini, besarnya nilai mAs pada tegangan tinggi berhubungan dengan nilai mAs dan tegangan yang digunakan pada toraks rutin sehingga didapatkan energi yang sama.

Jika eksposi menggunakan *grid* dan *screen*, maka jumlah eksposi sinar-X yang dihasilkan adalah (Jenkins David, 1988)

$$E = \frac{(kV)^4 \cdot mAs \cdot S}{(FFD)^2 \cdot g} \quad (2.10)$$

dengan :

E = eksposi

kV = tegangan tabung

mA = arus tabung

s = waktu eksposi

S = kecepatan relatif screen

g = faktor grid

Untuk membandingkan densitas antara tegangan tinggi dengan tegangan rutin maka eksposi yang digunakan harus sebanding sehingga $E_1 \simeq E_2$

Hubungan antara tegangan dan mAs dengan menganggap faktor *grid* dan screen konstan diperoleh rumus sebagai berikut (Jenkins, 1988).

$$\frac{(mAs)_2}{(mAs)_1} = \left(\frac{(kV)_1}{(kV)_2} \right)^4 \quad (2.11)$$

dengan :

kV₁ = tegangan tabung₁

kV₂ = tegangan tabung₂

mAs₁ = arus tabung dan waktu₁

mAs₂ = arus tabung dan waktu₂